

EUROPEAN PATENT OFFICE

Patent Abstracts of Japan

PUBLICATION NUMBER : 11255199
PUBLICATION DATE : 21-09-99

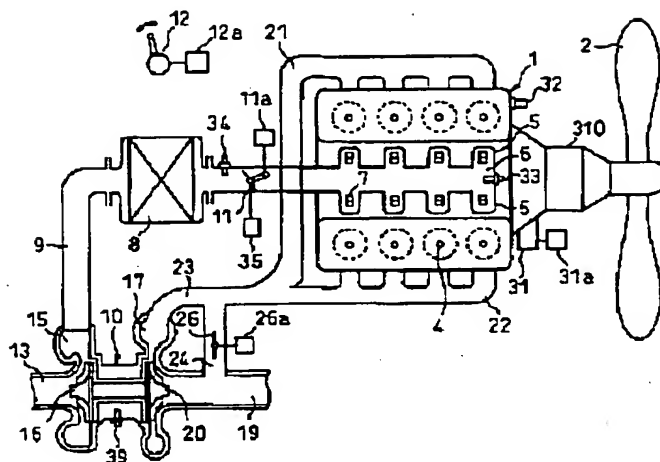
APPLICATION DATE : 10-03-98
APPLICATION NUMBER : 10058305

APPLICANT : TOYOTA MOTOR CORP;

INVENTOR : TANAKA SHIGEKI;

INT.CL. : B64D 31/06

TITLE : THRUST CONTROL SYSTEM FOR AIRCRAFT



ABSTRACT : PROBLEM TO BE SOLVED: To control an engine to a proper condition in response to each flying condition without increasing burden for a pilot.

SOLUTION: This system is provided with a control unit (EEC) 30 for controlling a throttle valve 11 opening of an aircraft internal combustion engine 1 having a super charger 10 and a propeller 2 speed. The EEC 30 conducts normally the first control for setting the throttle valve 11 opening and the propeller 2 speed in response to a stroke of a single power lever 12, but, for example, when a body is determined to be under a landing condition, the throttle valve 11 opening is set smaller than that set by the first control operation, and the propeller 2 speed is set to high speed of a prescribed speed or more irrespective of a set speed set by the first control operation. The number of revolution of the super charger 10 is kept high thereby, and an engine output is lowered while maintaining cabin pressurization to provide a sufficient landing speed.

COPYRIGHT: (C)1999,JPO

THIS PAGE BLANK (USPTO)

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平11-255199

(43) 公開日 平成11年(1999) 9月21日

(51) Int.Cl.⁶

B 6 4 D 31/06

識別記号

F I

B 6 4 D 31/06

審査請求 未請求 請求項の数 6 O L (全 15 頁)

(21) 出願番号 特願平10-58305

(22) 出願日 平成10年(1998) 3月10日

(71) 出願人 000003207

トヨタ自動車株式会社

愛知県豊田市トヨタ町1番地

(72) 発明者 田中 茂貴

愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動車株式会社内

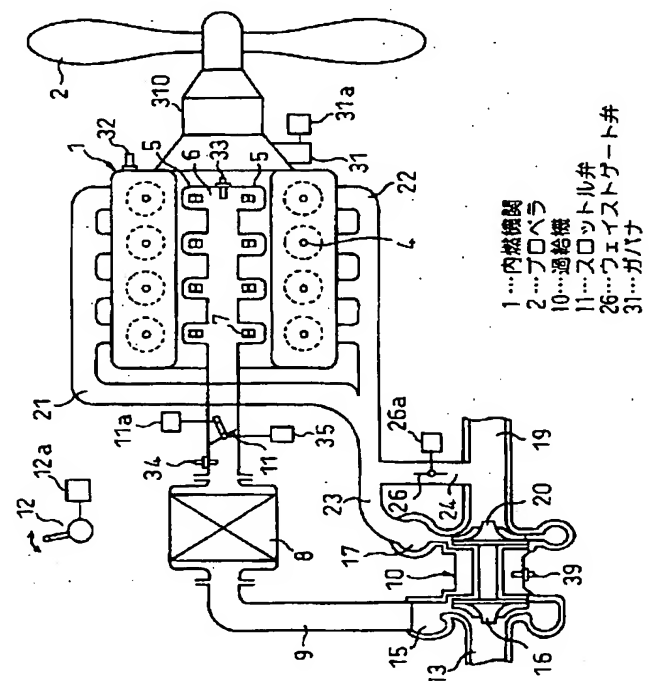
(74) 代理人 弁理士 石田 敬 (外3名)

(54) 【発明の名称】 航空機の推力制御装置

(57) 【要約】

【課題】 操縦者の負担を増大することなく、各飛行状態に応じた適切な状態に機関を制御する。

【解決手段】 過給機10を有する航空機内燃機関1のスロットル弁11開度とプロペラ2回転数とを制御する制御ユニット(EEC)30を設ける。EEC30は、通常時は単一のパワーレバー12のストロークに応じてスロットル弁開度とプロペラ回転数とを設定する第1の制御を行うが、例えば機体が降下操作中であると判断される場合には、スロットル弁開度を第1の制御操作により設定される開度より小さく設定し、かつプロペラ回転数を第1の制御操作により設定される設定回転数にかかわらず所定の回転数以上の高い回転数に設定する。これにより、過給機回転数を高く維持し、機内与圧を維持しながら機関出力を低下させ充分な降下速度を得ることが可能となる。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 航空機に搭載された過給機付内燃機関と、
前記機関の出力軸に接続された可変ピッチプロペラと、
前記プロペラのピッチを変更することにより、前記機関回転数を設定回転数に制御する可変ピッチ手段と、
前記機関のスロットル弁開度を設定開度に制御するスロットル手段と、
予め定めた関係に基づいて、前記可変ピッチ手段の設定回転数と前記スロットル手段の設定開度とを単一のレバーの操作量に応じて設定する第1の制御手段と、
航空機の飛行状態を表す飛行状態パラメータを検出する飛行パラメータ検出手段と、
前記飛行パラメータ検出手段の検出した飛行状態パラメータに基づいて、前記第1の制御手段により設定された可変ピッチ手段の設定回転数とスロットル手段の設定開度とを補正する第2の制御手段と、
を備えた、航空機の推力制御装置。

【請求項2】 前記飛行パラメータ検出手段は、前記飛行状態パラメータとして操縦者により航空機の降下操作がなされているか否かを検出し、前記第2の制御手段は、前記降下操作が実施されているときには、スロットル手段の設定開度を第1の制御手段の設定より小さくするように補正し、かつ可変ピッチ手段の設定回転数を第1の制御手段の設定にかかわらず所定回転数以上に設定する、請求項1に記載の航空機の推力制御装置。

【請求項3】 前記飛行パラメータ検出手段は、前記飛行状態パラメータとして機関過給圧がインターセプトポイントに到達したか否か、及び航空機が定常飛行状態にあるか否かを検出し、前記第2の制御手段は、前記過給圧がインターセプトポイントに到達し、かつ航空機が定常飛行状態になった場合には第1の制御手段の設定にかかわらず前記スロットル手段の設定開度を全開に設定する、請求項1に記載の航空機の推力制御装置。

【請求項4】 前記機関、可変ピッチプロペラ、可変ピッチ手段、スロットル弁、スロットル手段及び第1の制御手段とを有する推進装置を複数組備え、前記飛行パラメータ検出手段は、飛行状態パラメータとして各推進装置のプロペラブレードの回転位相を検出し、前記第2の制御手段は、各プロペラブレードの回転位相が同期するようにそれぞれの第1の制御手段の設定した可変ピッチ手段の設定回転数を補正する、請求項1に記載の航空機の推力制御装置。

【請求項5】 更に、前記過給機を通過する機関排気流量を調節するウェストゲートバルブと、該ウェストゲートバルブ開度を設定開度に制御するウェストゲートバルブ調節手段を備え、
前記飛行パラメータ検出手段は、飛行状態パラメータとして少なくとも大気条件と航空機の対気速度とを検出し、

前記第2の制御手段は、前記ウェストゲートバルブ調節手段の設定開度と、前記第1の制御手段により設定された可変ピッチ手段の設定回転数とスロットル手段の設定開度とを、それぞれ過給機効率とプロペラ効率と機関効率とが最大になるように補正する請求項1に記載の航空機の推力制御装置。

【請求項6】 更に、前記過給機を通過する機関排気流量を調節するウェストゲートバルブと、該ウェストゲートバルブ開度を設定開度に制御するウェストゲートバルブ調節手段と、ウェストゲートバルブ設定開度を過給機の吐出空気圧力または過給機の圧縮比が所定値になるように設定する設定手段とを備え、
前記第2の制御手段は、ウェストゲートバルブ設定開度を前記設定手段の設定以下に補正するとともに前記スロットル手段の設定開度を第1の制御手段の設定より小さくするように補正することにより、将来の出力急増要求に備える制御モードをとることが可能な請求項1に記載の航空機の推力制御装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、航空機の推力制御装置に関する。

【0002】

【従来の技術】可変ピッチプロペラを有する航空機用の機関では、プロペラピッチを変化させることにより、プロペラ消費動力を調節して機関回転数を設定回転数に制御するプロペラガバナが使用される。また、機関出力は機関吸気通路に配置したスロットル弁開度を調節することにより回転数とは別個に制御される。このため、操縦者は、所望のプロペラ推力を得るためには、プロペラガバナの設定回転数とスロットル弁設定開度とを同時に調節する操作が必要となる。

【0003】特開平8-324496号公報は、可変ピッチプロペラを有する航空機用機関において、プロペラガバナの設定回転数とスロットル弁の設定開度との両方を単一のレバーの操作量に応じて変化させるようにした航空機の推力制御装置を開示している。同公報の装置は、単一のレバー操作により同時にプロペラガバナの設定回転数とスロットル弁開度とを制御するようにして、プロペラガバナ設定回転数とスロットル弁開度とを別々に制御することによる操縦者の負担を軽減させるものである。また、同公報の装置は、プロペラガバナの設定回転数とスロットル弁開度とのうち少なくとも一方を単一のレバーの操作量に対して非線形に変化させるようにして、機体特性に合致した操縦特性を予め設定することを容易にしている。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】上記特開平8-324496号公報の推力制御装置は、単一のレバーの操作量に対してプロペラガバナ設定回転数とスロットル弁開度

とを予め一定の関係になるように設定しておくことにより、操縦者の負担の軽減と機体特性への適合を容易にすることを可能としている。しかし、上記公報の装置では、単一のレバーの操作量に応じてガバナ設定回転数とスロットル開度とが同時に決まってしまうため、ガバナ設定回転数とスロットル開度との関係が固定されてしまうことによる問題が生じる。

【0005】すなわち、ガバナ設定回転数とスロットル開度との関係を一定に固定してしまうと、機関回転数と出力トルクとの関係が固定されてしまうことになり、種々の飛行状態において最適な機関回転数と出力トルクとを得られない場合が生じる。例えば、航空機では機関過給機の吐出空気を機内の与圧空気として使用するため、高空では過給機の吐出圧力（過給圧）を一定値以上に維持する必要がある。ところが、機関回転数が低下すると排気流量の減少により過給機吐出圧力が低下するため充分な機内与圧を維持することができなくなる場合があり、機関回転数を大幅に低下させることは望ましくない。一方、スロットル弁開度一定の条件下では、過給圧が上昇するほど機関出力は増大することになる。このため、例えば高空からの降下時にはガバナ設定回転数とスロットル弁開度との関係が固定されていると、過給機吐出圧を維持するためにガバナ設定回転数を高く設定するとスロットル弁開度も大きく設定されてしまい、機関出力を十分に低下させることができなくなる。このため、降下時にはプロペラ推力が過大になり機体の降下率（降下速度）を十分に大きくすることができない問題が生じる。

【0006】また、航空機の定常飛行状態で過給圧力がインターセプトポイント（過給圧力の設定最大圧力）に到達した状態では、機関が全負荷運転可能な状態にあるため回転数にかかわらずスロットル弁を全開にして吸気抵抗を低減することが好ましいが、上記のように機関回転数とスロットル弁開度との関係が固定されていると機関回転数によってはスロットル弁開度が全開にならないため、吸気抵抗の低減による燃費向上が不十分になる場合が生じる。

【0007】更に、過給機に流入する排気流量を調節することにより過給機回転数を制御するウェストゲートバルブが故障すると、過給圧が過度に上昇して機関出力が過大になる場合が生じるが、このような場合にも機関回転数とスロットル弁開度との関係が固定されていると、機関回転数を一定に維持しながらスロットル弁開度を調節することにより過給圧を制限することができなくなる問題が生じる。

【0008】また、上記のようにプロペラ回転数（機関回転数）とスロットル弁開度とを固定してしまうと種々の飛行状態において必ずしもプロペラや機関を良好な効率点で使用することができない。一方、従来のように操縦者がガバナ設定回転数とスロットル弁開度とを個別に

調節するようにすれば上記問題はある程度解決することができるものの、この場合には操縦者の負担を軽減することはできない。

【0009】本発明は上記問題に鑑み、操縦者の負担を軽減しつつ各種の飛行状態に応じて適切に機関の運転状態を制御することが可能な航空機の推力制御装置を提供することを目的としている。

【0010】

【課題を解決するための手段】請求項1に記載の発明によれば、航空機に搭載された過給機付内燃機関と、前記機関の出力軸に接続された可変ピッチプロペラと、前記プロペラのピッチを変更することにより、前記機関回転数を設定回転数に制御する可変ピッチ手段と、前記機関吸気通路に配置されたスロットル弁開度を設定開度に制御するスロットル手段と、予め定めた関係に基づいて、前記可変ピッチ手段の設定回転数と前記スロットル手段の設定開度とを単一のレバーの操作量に応じて設定する第1の制御手段と、航空機の飛行状態を表す飛行状態パラメータを検出する飛行パラメータ検出手段と、前記飛行パラメータ検出手段の検出した飛行状態パラメータに基づいて、前記第1の制御手段により設定された可変ピッチ手段の設定回転数とスロットル手段の設定開度とを補正する第2の制御手段と、を備えた、航空機の推力制御装置が提供される。

【0011】すなわち、請求項1の発明では、第1の制御手段により単一のレバーの操作量に応じて可変ピッチ手段の設定回転数とスロットル手段の設定開度とが予め定めた関係に基づいて設定されるため、回転数とスロットル弁開度とを操縦者が個別に設定する煩雑さが回避される。また、上記第1の制御手段により設定される機関回転数とスロットル弁開度との関係は一定に固定されているため、航空機の飛行状態に必ずしも最適な組み合わせにならない場合がある。しかし、本発明では第2の制御手段は上記により設定された回転数とスロットル弁開度とを飛行状態に応じて補正するため、回転数とスロットル弁開度とが飛行状態に応じた適切な値に制御される。

【0012】請求項2に記載の発明によれば、前記飛行パラメータ検出手段は、前記飛行状態パラメータとして操縦者により航空機の降下操作がなされているか否かを検出し、前記第2の制御手段は、前記降下操作が実施されているときには、スロットル手段の設定開度を第1の制御手段の設定より小さくなるように補正し、かつ可変ピッチ手段の設定回転数を第1の制御手段の設定にかかわらず所定回転数以上に設定する、請求項1に記載の航空機の推力制御装置が提供される。

【0013】すなわち、請求項2の発明では、第2の制御手段は航空機降下時に機関回転数を所定回転数以上に維持しつつスロットル弁開度が小さくなるように回転数とスロットル弁開度とを補正する。このため、機関回転

数が高く保持されて過給機吐出圧力の低下が防止されるとともに、スロットル弁開度の低下のためにプロペラ推力は低減され、機内与圧を維持しながら機体降下率が増大される。

【0014】請求項3に記載の発明によれば、前記飛行パラメータ検出手段は、前記飛行状態パラメータとして機関過給圧がインターセプトポイントに到達したか否か、及び航空機が定常飛行状態にあるか否かを検出し、前記第2の制御手段は、前記過給圧がインターセプトポイントに到達し、かつ航空機が定常飛行状態になった場合には第1の制御手段の設定にかかわらず前記スロットル手段の設定開度を全開に設定する、請求項1に記載の航空機の推力制御装置が提供される。

【0015】すなわち、請求項3の発明では、第2の制御手段は航空機が定常飛行状態にあり、かつ機関過給圧が設定最大圧力に到達した場合には、第1の制御手段の設定にかかわらずスロットル弁を全開に制御する。これにより機関は全負荷運転されるようになり、スロットル弁全開により吸気抵抗が低減される。このため、定常飛行状態において燃費が低減され航続距離が増大する。

【0016】請求項4に記載の発明によれば、前記機関、可変ピッチプロペラ、可変ピッチ手段、スロットル弁、スロットル手段及び第1の制御手段とを有する推進装置を複数組備え、前記飛行パラメータ検出手段は、飛行状態パラメータとして各推進装置のプロペラブレードの回転位相を検出し、前記第2の制御手段は、各プロペラブレードの回転位相が同期するようにそれぞれの第1の制御手段の設定した可変ピッチ手段の設定回転数を補正する、請求項1に記載の航空機の推力制御装置が提供される。

【0017】すなわち、請求項4の発明では、複数のプロペラと機関とが設けられており、第2の制御手段は各プロペラブレードの回転位相を同期させるように可変ピッチ手段の設定回転数を制御する。双発機等複数のプロペラを有する航空機では、各プロペラの回転位相が異なるとプロペラ後流に発生する渦の干渉により騒音が増大する場合がある。本発明では、第2の制御手段により各プロペラの回転位相が同期するように機関回転数が微調整されるため騒音の発生が防止される。

【0018】請求項5に記載の発明によれば、更に、前記過給機を通過する機関排気流量を調節するウェィストゲートバルブと、該ウェィストゲートバルブ開度を設定開度に制御するウェィストゲートバルブ調節手段を備え、前記飛行パラメータ検出手段は、飛行状態パラメータとして少なくとも大気条件と航空機の対気速度とを検出し、前記第2の制御手段は、前記ウェィストゲートバルブ調節手段の設定開度と、前記第1の制御手段により設定された可変ピッチ手段の設定回転数とスロットル手段の設定開度とを、それぞれ過給機効率とプロペラ効率と機関効率とが最大になるように補正する請求項1に記

載の航空機の推力制御装置が提供される。

【0019】すなわち、請求項5の発明では第1の制御手段により設定された機関回転数とスロットル弁開度、及びウェィストゲートバルブ開度とが飛行状態に応じて補正され、プロペラ効率、機関効率と過給機効率がそれぞれの飛行状態において最大になるように補正される。このため、航空機の燃費が向上し航続距離を増大させることができる。

【0020】請求項6に記載の発明によれば、更に、前記過給機を通過する機関排気流量を調節するウェィストゲートバルブと、該ウェィストゲートバルブ開度を設定開度に制御するウェィストゲートバルブ調節手段と、ウェィストゲートバルブ設定開度を過給機の吐出空気圧力または過給機の圧縮比が所定値になるように設定する設定手段とを備え、前記第2の制御手段は、ウェィストゲートバルブ設定開度を前記設定手段の設定以下に補正するとともに前記スロットル手段の設定開度を第1の制御手段の設定より小さくするように補正することにより、将来の出力急増要求に備える制御モードをとることが可能な請求項1に記載の航空機の推力制御装置が提供される。

【0021】すなわち、請求項6の発明では、第2の制御手段は将来の出力急増要求が予測されるような場合に備えた制御モードをとることが可能である。この制御モードにおいては、ウェィストゲートバルブ開度は小さく設定され過給機回転数は高く維持されるとともに、過給圧の上昇による機関出力増大を抑制するためにスロットル弁開度は小さく設定される。従って、機関出力（推力）が低い飛行状態であっても過給機回転数は低下しないため、機関低出力状態で出力急増要求があった場合に過給機回転数上昇に要する時間が短縮され、短時間で機関出力が増大するようになる。

【0022】

【発明の実施の形態】以下、添付図面を用いて本発明の実施形態について説明する。図1は本発明の過給機付内燃機関の一実施形態の概略構成を示す図である。図1において、1は内燃機関本体、2は機関1により駆動されるプロペラを示す。本実施形態では機関1として多気筒（図1ではV型8気筒）の4サイクルレシプロエンジンが使用されている。また、図1において、5は機関1の各気筒の吸気ポートを共通の吸気ダクト6に接続する吸気マニホールドである。吸気マニホールド5の各気筒の吸気ポート接続部近傍には、それぞれ各気筒の吸気ポートに加圧燃料を噴射する燃料噴射弁7が配置されている。

【0023】図1において、11で示したのは、吸気ダクト6内に配置されたスロットル弁である。スロットル弁11はアクチュエータ11aを備え、後述するEEC30からの制御信号に応じた開度をとる。また、8は吸気ダクト6のスロットル弁11上流側に設けられたインタクーラ、10は排気ターボチャージャ（過給機）、9

はターボチャージャ10のコンプレッサ16の吐出口15とインタクーラ8とを接続する吸気ダクトを示している。

【0024】図1において21、22で示したのは、機関1の両側のバンクの各気筒の排気ポートを共通の排気管23に接続する排気マニホルドである。共通排気管23はターボチャージャ10の排気タービン20の排気入口17に接続されている。ターボチャージャ10は遠心型コンプレッサ16と、コンプレッサ16を駆動する排気タービン20とからなる。機関1の吸入空気は、エアクリーナ（図示せず）から吸気入口管13を経てコンプレッサ16に流入し、昇圧された過給空気となって吸気ダクト9からインタクーラ8に供給され、インタクーラ8で冷却された後、吸気ダクト6、スロットル弁11、吸気マニホルド5を通して機関1の各気筒に供給される。なお、図示していないが、過給機吐出空気の一部は吸気ダクト6のスロットル弁11上流側で取り出され、航空機キャビン内を与圧するために使用される。

【0025】また、機関1の排気は、排気マニホルド21、22から排気管23を通り、排気入口17からタービン20に流入し、タービン及びそれに接続されたコンプレッサ16を回転駆動した後、排気出口管19から排出される。本実施形態では、排気管23とタービンの排気出口管19とを接続する排気バイパス通路24が設けられている。この排気バイパス通路24には、バイパス通路24から排気タービン20をバイパスして排気出口管19に流入する排気流量を制御するウェイトゲートバルブ26が設けられている。ウェイトゲートバルブ（以下「WGV」と呼ぶ）26が全閉状態では、機関1からの排気の全量がタービン20に流入するためターボチャージャ10の回転数が上昇し、コンプレッサ16の出口圧力（過給圧）が上昇する。一方、WGV26が開弁すると機関1の排気の一部はタービン20をバイパスして排気出口管19に流出するためタービン20を通過する排気流量が低下する。これにより、ターボチャージャ10の回転数は低下し、WGV26の開度に応じて過給圧が低下する。すなわち、WGV26の開度を調節することにより、機関1の過給圧を所望のレベルまで低下させることができる。図1に26aで示すのは、WGV26を開閉駆動するアクチュエータである。アクチュエータ26aはEEC30からの制御信号に応じて作動し、WGV26をEEC30からの制御信号に応じた開度に制御する。

【0026】本実施形態では、機関1により駆動されるプロペラ2は可変ピッチプロペラとされており、プロペラ2のプロペラピッチを制御する可変ピッチ手段としてのプロペラガバナ31を備えている。本実施形態では、プロペラガバナ31は図示しない伝達軸を介してプロペラの変ピッチ機構310に接続されている。EEC30は機関回転数（プロペラ回転数）が設定回転数に一致

するようにプロペラガバナ31を制御してプロペラピッチを調節する作用を行う。すなわち、プロペラ回転数が設定回転数より高くなった場合にはEEC30はガバナ31を制御してプロペラピッチを増加させ、プロペラの吸収馬力を増大することにより機関回転数を低下させる。また、プロペラ回転数が設定回転数より低くなった場合にはEEC30はガバナ31を制御してプロペラピッチを低減し、プロペラの吸収馬力を低下させることにより機関回転数を増大させる。これにより、プロペラ回転数（機関回転数）は設定回転数に一致するように制御される。本実施形態では、ガバナ31にはEEC30からの制御信号に応じて作動するアクチュエータ31aが設けられている。アクチュエータ31aはEEC30からの制御信号に応じてガバナ31を制御し、プロペラピッチを変更する。また、ガバナ31としては、上記のもの以外にも、例えばEEC30から制御されるアクチュエータにより設定回転数をセット可能な公知の遠心型ガバナを使用することも可能である。

【0027】なお、可変ピッチ機構310はプロペラピッチを所望の値にする機構であり、詳細は省略する。本実施形態では、スロットル弁11、WGV26、ガバナ31のアクチュエータ11a、26a、31aは、それぞれDCモータからなり、後述する制御ユニット（EEC）30（図2）からの制御信号に応じて作動し、それぞれスロットル弁11開度、ガバナ31設定回転数、WGV26の開度を調節する。なお、アクチュエータ11a、26a、31aとしては、EEC30からの制御信号に応じて作動可能なものであればDCモータ以外のものも使用可能であり、例えば、電気／油圧式のアクチュエータ等を使用することもできる。

【0028】図1に12で示すのは、ガバナ31の設定回転数とスロットル弁11の開度とを設定するためのパワーレバーである。パワーレバー12にはパワーレバーの操作量に応じた信号を発生するストロークセンサ12aが設けられている。図2は、機関1の制御を行うEEC（エンジンエレクトリックコントロールユニット）30の構成を示す図である。図2に示すように、EEC30は本実施形態では、RAM、ROM、CPU、及び入力ポート、出力ポートを相互に双方向性バスで接続した公知の構成のマイクロコンピュータとされる。本実施形態では、EEC30はエンジン1の燃料噴射制御、点火時期制御等の基本制御を行う他、後述するように、パワーレバー12の操作量に応じてアクチュエータ31aと11aとを制御し、ガバナ31設定開度とスロットル弁11開度とをパワーレバー12操作量により定まる値に設定する第1の制御手段として機能する。また、本実施形態では、EEC30は、更にパワーレバー12の操作量に応じて設定されたガバナ31設定回転数とスロットル弁11開度とを航空機の飛行状態に応じて補正する第2の制御手段として機能する。

【0029】これらの制御のため、図2に示すようにEEC30の入力ポートにはエンジン1のクランク軸（図示せず）に設けられたNEセンサ32から、エンジン1の回転数NEに応じたパルス信号が入力されている。EEC30のCPUは、一定時間毎にこのパルス信号に基づいて機関回転数NEを算出し、後述する種々の制御に使用する。また、同様にEEC30の入力ポートにはターボチャージャ10の回転軸に設けられたNTセンサ39からターボチャージャ10の回転数NTに応じたパルス信号が入力されており、この信号に基づいてターボチャージャ10の回転数NTが一定時間毎に算出される。なお、実際にはNEセンサ32は、クランク軸一定回転角（例えば15度毎）に回転パルス信号を出力するクランク回転角センサとクランク軸が基準回転位置（例えば機関の第1気筒の圧縮上死点）に到達する毎に基準パルス信号を発生する回転位相センサとの2つのセンサとからなっており、EEC30は機関回転速度を算出する他に、基準パルス信号入力後の回転パルス信号の数からクランク軸の回転位相を一定時間毎に算出している。

【0030】また、EEC30の入力ポートには、スロットル弁11下流の吸気ダクト6に設けられたPMセンサ33、及びスロットル弁11上流の吸気ダクト6に設けられたPDセンサ34から、吸気ダクト6内の絶対圧力PMに比例した電圧信号と、ターボチャージャ10の過給圧PD（絶対圧力）に比例した電圧信号とが、それぞれAD変換器67を介して入力されている。更に、EEC30の入力ポートにはスロットル弁11開度THに応じた電圧信号がTHセンサ35から、大気温度TAに応じた電圧信号がTAセンサ37から、大気圧力PAに応じた電圧信号がPAセンサ36から、それぞれAD変換器67を介して入力されている。更に、EEC30の入力ポートには、機体外部に設けたVAIRセンサ38から飛行中の対気速度VAIRに対応した信号がAD変換器67を介して入力されている。更に、EEC30の入力ポートには、パワーレバー12のストロークセンサ12aから、パワーレバー12の操作量PSTに応じた信号がAD変換器67を介して入力されている。

【0031】また、EEC30の出力ポートは、機関1の各気筒の点火プラグ4と燃料噴射弁7とにそれぞれ点火回路68、駆動回路69を介して接続され、機関1の燃料噴射量及び時期、点火時期を制御している。本実施形態では、EEC30はPMセンサ33とNEセンサ32とにより検出した吸気圧力PMと機関回転数NEとに基づいて、予めROMに格納した数値テーブルから最適な燃料噴射量、噴射時期、点火時期を決定し、これらに基づいて燃料噴射及び点火を行う。

【0032】また、EEC30の出力ポートは、更に駆動回路69を介してスロットル弁11、ガバナ31、WGV26それぞれのアクチュエータ11a、31a、26aに接続されている。次に、本実施形態のガバナ31

の設定回転数とスロットル弁11の設定開度とについて説明する。本実施形態では、EEC30はパワーレバー12のストローク（操作量）に応じてガバナ31の基本設定回転数GS₀とスロットル弁11の基本設定開度THS₀とを決定する。図3は、基本設定回転数GS₀と基本設定開度THS₀との設定操作を説明するフローチャートである。図3の操作は、EEC30により一定時間毎に実行されるルーチンにより行われる。

【0033】図3において操作がスタートすると、ステップ301ではストロークセンサ12aの出力からパワーレバー12のストロークPSTが読み込まれる。そして、ステップ303では、予め定めた関係に基づいてパワーレバーストロークPSTから基本設定値GS₀とTHS₀とが設定される。図4は、図3ステップ303でGS₀とTHS₀との設定に使用する、ストロークPSTとGS₀とTHS₀との関係の一例を示すチャートである。図4に示すように、本実施形態ではGS₀とTHS₀とはパワーレバー12のストロークに対して応じて定まる値とされる。また、ガバナ31の基本設定回転数GS₀はパワーレバー12ストロークPSTに比例した値に設定されるのに対して、スロットル弁11の基本設定開度THS₀はストロークPSTに対して非線形に変化するように設定されている。上記GS₀とTHS₀のパワーレバー12ストロークに対する変化は、予め機体特性に応じて任意に設定することが可能であり、通常の飛行状態では実際のガバナ31設定回転数とスロットル弁11開度とは、それぞれ基本設定値GS₀、THS₀に設定される。しかし、図4の関係が一旦設定されると、パワーレバー12の或るストロークに対してGS₀とTHS₀とがそれぞれ1つの値に決まってしまうため、GS₀（機関及びプロペラ回転数）とTHS₀（機関出力）との関係は固定されてしまうことになる。

【0034】このため、ガバナ31設定回転数とスロットル弁11開度とを常に基本設定値GS₀、THS₀に設定したのでは、特定の飛行状態では設定回転数とスロットル弁開度との関係が不適切になる場合がある。そこで、本実施形態では、特定の飛行状態では図3の操作により設定された基本設定値を飛行状態に応じて補正し、補正後の設定回転数とスロットル弁開度設定値とを用いてガバナ31とスロットル弁11とを制御するようにしている。

【0035】すなわち、図3の操作は第1の制御手段に相当し、以下に説明する補正操作は第2の制御手段に相当している。そこで、以下の説明では便宜上図3の操作を第1の制御操作、以下に説明する補正操作を第2の制御操作と呼ぶことにする。次に、第2の制御手段としてのEEC30による基本設定回転数GS₀とスロットル弁基本設定開度THS₀との補正操作（第2の制御操作）についての実施形態を説明する。

（1）第1の実施形態

本実施形態の第2の制御操作では、航空機の降下中にキャビンの与圧を維持しながら充分な降下率を得ることを目的として基本設定値 GS_0 、 THS_0 を補正する操作を行う。

【0036】前述のように、図1の実施形態では過給機吐出空気の一部をキャビン与圧用の空気として使用するため、高空からの降下時等にも過給機の吐出圧力が低下しないように過給機回転数を高く維持する必要がある。一方、過給機回転数を高く維持するためには機関排気流量を高く維持する必要があるため、機関回転数をある程度以下には減少させることができない。

【0037】ところが、第1の制御操作では機関回転数（ガバナ31設定回転数）と機関出力（スロットル弁11開度）との関係が固定されているために機関回転数を高く設定しようとする、それに応じてスロットル弁11開度も大きく設定されてしまい機関出力を十分に低減することができなくなる。この結果、降下中もプロペラ推力を十分に低下させることができず、推力過剰のため降下率が小さくなる問題がある。そこで、本実施形態の第2の制御操作では機体の降下中は、ガバナ31設定開度を予め定めた回転数以上（すなわち、与圧に充分な過給機回転数が得られる機関回転数）に維持するとともに、過給圧の上昇による機関出力の上昇を抑制するためにスロットル弁11開度を基本設定開度 THS_0 より小さくなるように補正している。

【0038】図5は、本実施形態の第2の制御操作を説明するフローチャートである。本操作は、EEC30により一定時間毎に実行されるルーチンにより行われる。図5ステップ501では、大気圧 PA が PA センサ36から、パワーレバー12のストローク PST がストロークセンサ12aからそれぞれ読み込まれる。そして、ステップ503では、前回本操作実行時からの大気圧の変化 ΔPA が、 $\Delta PA = PA - PA_{i-1}$ として算出される。ここで、 PA_{i-1} は前回本操作実行時の大気圧である。 PA_{i-1} の値は、次の操作実行に備えて操作実行毎にステップ505で更新されている。

【0039】ステップ507、508は現在降下のための操作が行われているか否かの判定を示す。本実施形態では、ステップ503で算出した大気圧の変化（増加） ΔPA が所定値 ΔPA_1 より大きく（ステップ507）、かつパワーレバー12ストローク PST が所定値 PST_1 より小さくなっているとき（ステップ509）に現在降下のための操作が行われていると判定するようにしている。すなわち、機体の高度の変化（低下）がある程度以上になっており、しかも操縦者がパワーレバー12のストロークを小さく設定している場合には、操縦者の意志に基づいて機体が降下中であると判定される。

【0040】ステップ507、509で現在降下のための操作が行われていると判定された場合には、ステップ511でガバナ31の設定回転数 GS が第1の制御操作

で設定された基本設定値 GS_0 の値にかかわらず、所定値 GS_1 に設定され、ステップ513ではスロットル弁11の設定開度 THS が第1の制御操作により設定された基本設定値 THS_0 より一定値 ΔTHS_1 だけ小さな値に設定される。ここで、 GS_1 はキャビンの与圧を維持できる過給機回転数を得ることができる最低機関回転数以上の適宜な値とされる。また、 ΔTHS_1 は過給圧の上昇による機関出力増大を抑制するのに充分な値とされる。

【0041】一方、ステップ507、509の条件のいずれか1つ以上が成立しない場合には、現在降下のための操作が行われていないと判断される。この場合には、ステップ515と517とで、ガバナ31の設定回転数 GS とスロットル弁11設定開度 THS とは、それぞれ第1の制御操作で設定された基本設定値 GS_0 、 THS_0 に設定される。

【0042】上記により、 GS と THS とを設定後、ステップ519では GS と THS とがガバナ31とスロットル弁11とのアクチュエータ31a、11aの駆動回路69に出力され、本操作は終了する。これにより、ガバナ31は機関回転数（プロペラ回転数）が設定値 GS になるようにプロペラピッチを調節し、スロットル弁11は設定開度 THS をとるようになる。

【0043】上述のように、本実施形態によれば降下操作が行われている時にはキャビンの与圧を確保しつつ、機関出力を低下させることが可能となり、降下率を増大させることが可能となる。また、従来と同様ガバナ31の設定とスロットル弁11開度の設定とは単一のパワーレバー12の操作により行われるため、上記操作中にも操縦者の負担が増大することが防止される。

【0044】なお、図5の操作では現在降下のための操作が行われているか否かを大気圧（高度）の変化速度とパワーレバー12のストロークとから判定するようにしているが、これらに代えて（若しくはこれらの判定に加えて）、操縦者が操作可能な降下スイッチを設け、操縦者がこの降下スイッチを切り換えた場合にステップ511と513の操作を行うようにしても良い。

(2) 第2の実施形態

次に、第2の制御操作の別の実施形態について説明する。

【0045】本実施形態では、航空機が定常飛行状態にあり、かつ過給機がインターセプトポイントに到達した場合（すなわち、過給圧 PD が最大設定圧力に到達した場合）には、第1の制御により設定された基本設定値 THS_0 にかかわらず、スロットル弁開度 THS を全開（ THS_{MAX} ）に設定するようにしている。本実施形態では、EEC30は過給圧 PD が予め定めた最大過給圧 PD_{MAX} に到達するとWGV26を開き、過給圧を最大過給圧に維持するように制御している。このため、過給機がインターセプトポイントに到達した状態では、過給

圧はスロットル弁開度にかかわらず一定となる。このため、過給機がインターセプトポイントに到達後は、スロットル弁を全開に保持して吸気抵抗を低減し燃費を向上させることが好ましい。そこで、本実施形態では過給機のインターセプトポイント到達後の定常飛行状態では第1の制御による設定値にかかわらずスロットル弁11開度を全開に保持するようにしている。

【0046】図6は、本実施形態の第2の制御操作を示すフローチャートである。本操作はE E C 30により一定時間毎に実行されるルーチンにより行われる。図6の操作では、ステップ601で過給圧PD、大気圧PA、対気速度VAIRが、それぞれセンサ34、36、38から読み込まれ、ステップ603では前回の操作実行時からのPAとVAIRとの変化量 ΔPA 、 $\Delta VAIR$ が算出される。ステップ603の PA_{i-1} 、 $VAIR_{i-1}$ はそれぞれ前回操作実行時の大気圧と対気速度であり、操作実行毎にステップ605で更新される。

【0047】上記により ΔPA と $\Delta VAIR$ とを算出後、ステップ607では過給機がインターセプトポイントに到達したか否か、すなわち過給圧PDが設定最大圧力 PD_{MAX} に到達したか否かが判定される。また、ステップ609、611では大気圧PAと対気速度の前回ルーチン実行時からの変化量がそれぞれ所定値 ΔPA_2 と $\Delta VAIR_2$ ($\Delta PA_2 > 0$ 、 $\Delta VAIR_2 > 0$)より小さいか、すなわち飛行高度と飛行速度の変化がそれぞれ所定値より小さいか否かが算出される。本実施形態では、飛行高度と飛行速度との変化がそれぞれ所定値より小さい状態が所定時間継続した場合に定常飛行状態が成立したと判定する。このため、ステップ607から609のいずれか1つ以上が成立していない場合にはステップ613で計時カウンタCTの値をリセットし、ステップ607から611の条件が全て成立した場合にはステップ617で計時カウンタCTを1ずつ増大させる。そして、ステップ619で計時カウンタCTの値が所定時間に相当する値 CT_2 に到達した場合には、過給機がインターセプトポイントに到達し、しかも定常飛行状態が成立したと判定しステップ621でスロットル弁開度THSを全開に相当する値 THS_{MAX} にセットする。一方、ステップ607から611の条件の1つ以上が成立していない場合には、計時カウンタCTをリセットするとともに、またステップ619でCTの値が CT_2 に到達していない場合は計時カウンタCTの値は変更せずに、それぞれステップ615でスロットル弁開度THSを第1の制御で設定された基本設定値 THS_0 に設定する。

【0048】そして、ステップ615または621でTHSを設定後、ステップ623ではガバナ31設定回転数GSを第1の制御で設定された基本設定値 GS_0 に設定するとともに、上記により設定されたGSとTHSとを駆動回路に出力する。これにより、過給機のインター

セプト到達後の定常飛行状態では機関回転数はパワーレバー12のストロークに応じた値に維持しながら、スロットル弁11開度を全開に保持し、吸気抵抗を低減した機関の高効率運転を行うことが可能となる。

(3) 第3の実施形態

次に第2の制御操作の別の実施形態を説明する。

【0049】本実施形態では、WGV26の異常や過給機制御系統の異常により過給圧の異常上昇（オーバーブースト）や過給機回転数の異常上昇（オーバーラン）が生じた場合には、機関1のスロットル弁11開度を第1の制御操作で設定された基本設定値 THS_0 より一定量小さな値に設定するようにしている。スロットル弁開度を低下させることにより、機関回転数が同一であっても機関吸入空気量は減少するため、機関排気流量の低下により過給機回転数は低下する。従って、スロットル弁開度を低減することにより過給圧と過給機回転数との両方を低下させることができる。

【0050】図7は、本実施形態の第2の制御操作を示すフローチャートである。本操作はE E C 30により一定時間毎に実行されるルーチンにより行われる。図7の操作では、ステップ701で過給圧PDと過給機回転数NTとがそれぞれセンサ34及び39から読み込まれ、ステップ703では過給圧PDが最大設定値 PD_{MAX} より一定値 ΔPD 以上上昇しているか否か、すなわちオーバーブーストが生じているか否かが判定される。また、ステップ705では過給機回転数NTが最大設定回転数 NT_{MAX} より一定値 ΔNT 以上上昇しているか否か、すなわちオーバーランが生じているか否かが判定される。

【0051】ステップ703、705でオーバーブーストまたはオーバーランが生じていた場合には、ステップ707で異常フラグXFの値が1にセットされ、ステップ709ではスロットル弁11の設定開度THSが基本設定値 THS_0 より ΔTHS_0 低減される。これにより、機関排気流量が低下するため過給圧PDと過給機回転数NTとの両方が低下する。

【0052】また、ステップ703と705とでオーバーブーストとオーバーランとの両方が生じていないと判断された場合にはステップ711に進み、異常フラグXFの値が1にセットされているか否かを判定する。そして、 $XF \neq 1$ であった場合には、過給機系統には異常が生じていないと判断し、ステップ713でスロットル弁11開度THSを第1の制御操作で設定された基本設定値 THS_0 にセットする。一方、ステップ711で $XF = 1$ であった場合には過去にオーバーブーストまたはオーバーランの状態になり、ステップ709が実行された結果オーバーブーストやオーバーランが抑制された状態であり、スロットル弁開度を基本設定値 THS_0 に設定するとオーバーブーストやオーバーランが再発する可能性がある。このため、この場合には、ステップ709に

進みスロットル弁開度を減少する補正を継続する。なお、異常フラグXFは機関の始動時に0にセットされるが、機関運転中に異常が生じてXFの値が一旦1にセットされると機関が停止、再始動されるまでXF=1の状態に保持される。また、図示していないが、本実施形態ではガバナ31設定回転数GSは第1の制御操作で設定された基本設定値GS₀に設定され、図7においてスロットル弁11開度THSが設定されると、別途EEC30により実行される操作により駆動回路69に設定値GSとTHSとがセットされる。

(4) 第4の実施形態

次に、第2の制御操作の別の実施形態について説明する。

【0053】本実施形態では、航空機は2つの機関と2つのプロペラとを有する、例えば双発機とされている。また、本実施形態では、図1に示したパワーレバー12、機関1、プロペラ2及びガバナ31、スロットル弁11等の全てをそれぞれ備えた推進装置が2組設けられている。更に、本実施形態では図8に示すようにEEC30は、両方の推進装置（推進装置1と推進装置2）からPST、NE、PM、PD、TH、等の運転パラメータを個別に入力し、それぞれの推進装置のスロットル弁11設定開度THS、ガバナ設定回転数GS、WGV26設定開度GVSを出力する制御を行う。

【0054】本実施形態では、EEC30はそれぞれの推進装置のガバナ設定回転数GSを微調節することにより、それぞれのプロペラ回転数とプロペラブレードの回転位相とを同期させる制御を行う。前述したように、双発機等の複数のプロペラを有する航空機では、プロペラ相互の回転数やブレード回転位相が相互に一致していないと、それぞれのプロペラの後流に発生する渦の干渉により騒音が増大する問題がある。本実施形態では、それぞれの機関の回転数とクランク回転位相（すなわち、プロペラ回転位相）とをNEセンサ32によって検出し、それぞれの機関の回転数と回転位相とが一致するように、第1の制御操作により設定されたガバナ31設定回転数を調節する。これにより、特別なセンサや制御装置を用いることなく双発機等複数の機関とプロペラとを有する航空機の騒音を低下させることが可能となる。

【0055】図9は本実施形態の第2の制御操作を示すフローチャートである。本操作はEEC30により一定時間毎に実行されるルーチンにより行われる。図9において操作がスタートすると、ステップ901では推進装置1と2両方のパワーレバー12ストロークPST1、PST2がそれぞれ両方の推進装置のストロークセンサ12aから読み込まれ、それぞれのNEセンサ32からの回転角パルス信号と基準位置信号とから算出されたクランク回転位相（クランク角）CA1、CA2と回転数NE1、NE2とが読み込まれる。

【0056】そして、ステップ903では前回操作実行

時からパワーレバー12が操作されているか否か、すなわちそれぞれのパワーレバー12のストロークPST1、PST2が前回操作実行時のストロークPST1_{i-1}、PST2_{i-1}から変化しているか否かが判定され、一方若しくは両方のパワーレバーストロークが変化していた場合には、回転数と回転位相との補正を行わず、推進装置のガバナ31の設定開度GS1を第1の制御操作により設定された基本設定値GS₁₀にセットする。そして、ステップ923に進みPST1_{i-1}、PST2_{i-1}の値を更新して今回の操作を終了する。なお、本実施形態では後述するように推進装置1の回転数と回転位相とを増減して推進装置2と同期させるようにしているため、推進装置2のガバナ31設定回転数GS2は常に第1の制御操作で設定された基本設定値GS₂₀に設定されている。

【0057】一方、ステップ903で、両方のパワーレバー12のストロークが前回から変化していない場合、すなわち機関回転数が一定に制御されていると考えられる場合には、ステップ907から921の回転数補正と回転位相補正とを実行する。ステップ907から913は回転数補正操作を示している。この操作では、まず推進装置1の回転数NE1と推進装置2の回転数NE2とを比較して、NE1がNE2に対して一定量 ΔNE_4 以上離れているか否かを判定する（ステップ907、911）。そして、 ΔNE_4 以上離れている場合には、（すなわち、 $NE1 < NE2 - \Delta NE_4$ 、 $NE1 \leq NE2 + \Delta NE_4$ の範囲にない場合）には、操作実行毎に推進装置1のガバナ31設定値GS1を ΔGS_4 ずつ減少（ステップ909）、または増加（ステップ913）させる。これにより、推進装置1の回転数NE1は、 $NE2 \pm \Delta NE_4$ の範囲に入るまで操作実行毎に増減される。 ΔNE_4 は、実質的に両方の推進装置の回転数が合致したと判定できる程度の値である。

【0058】上記操作により推進装置1、2の回転数が合致した場合には、次にステップ915から921で両方の推進装置の回転位相の同期が行われる。この場合も、推進装置1のクランク角CA1と推進装置2のクランク角CA2とを比較して、推進装置1のクランク角CA1が推進装置2のクランク角CA2から一定量 ΔCA_4 以上離れているか否かを判定し（ステップ915、919）、 ΔCA_4 以上離れている場合には、推進装置1のガバナ31設定値GS1を、CA1が、 $CA2 \pm \Delta CA_4$ の範囲になるまで操作実行毎に ΔGS_4 ずつ増減させる（ステップ917、921）。これにより、最終的に推進装置1と推進装置2のクランク角CA1、CA2が相互に同期したとみなされる範囲（ $CA2 - \Delta CA_4 \leq CA1 \leq CA2 + \Delta CA_4$ ）になるまで推進装置1の回転位相が調節されるようになる。なお、ステップ915から921の回転位相調節を行ったために、回転数NE1とNE2とが前述の範囲を越えて変化した場合に

は、再度ステップ907から913により回転数の補正が行われ、最終的に両方の推進装置の回転数と回転位相との両方が同期するようになり、双発機等の複数の推進装置を有する航空機の騒音を低減することができる。

(5) 第5の実施形態

次に、第2の制御操作の別の実施形態について説明する。

【0059】本実施形態では、航空機が定常飛行状態にあるときに、ガバナ31によりプロペラ2のピッチを調節するとともに、スロットル弁11により機関の吸気圧力PMを調節し、更にWGV26開度を制御することによりターボチャージャ回転数NTを制御して、プロペラ2、機関1、ターボチャージャ10のそれぞれの効率 η_P 、 η_E 、 η_{TC} を総合した全体としての推進装置効率 η_T が最大になるようにする制御を行う。

【0060】本実施形態では、まず現在のプロペラ回転数NEと大気密度 ρ 、対気速度VAIRとを用いて、プロペラ翼の最適迎え角 α_0 を算出し、この α_0 を得るようにガバナ31によりプロペラピッチ β を調節する。そして、プロペラピッチ調節後の機関回転数NEから機関効率が最大になる吸気圧力PM₀を算出し、この吸気圧力を得るようにスロットル弁11開度THSを調節する。そして、スロットル弁11開度を調節後、更にターボチャージャ10の圧縮比と吸気流量とからターボチャージャ圧縮機効率が最大になる回転数NTを算出し、このNTが得られるようにWGV26開度GVSを調節する。そして、調節後に再度機関の運転パラメータを読み込んで、各パラメータに基づいて効率 η_P 、 η_E 、 η_{TC} を算出するとともに、総合効率 η_T を算出する。そして、この総合効率が η_T が最大値になっているか否かを判定し、最大になっていない場合には再度プロペラピッチとスロットル弁開度とWGV開度との最適化を繰り返す。これにより、最終的に総合効率 η_T が最大になるようにプロペラピッチ、スロットル弁開度及びWGV開度が調節されるようになる。

【0061】図10、図11は本実施形態の第2の制御操作を説明するフローチャートである。本操作は、EEC30により一定時間毎に実行されるルーチンにより行われる。図10において操作がスタートすると、ステップ1001では現在の飛行状態が定常か否かが判定される。ステップ1001では、パワーレバー12のストローク及び、航空機の飛行高度と対気速度の変化が小さい状態が一定期間継続した場合に航空機が定常飛行状態であると判定する。

【0062】ステップ1001で航空機が定常飛行状態にないと判定された場合には、ステップ1003で後述する最適化終了フラグXの値を0にセットし、ステップ1005で通常の推力制御を行う。ステップ1005の通常の推力制御では、ガバナ31の設定回転数GSとスロットル弁11の開度THSは、第1の制御操作により

設定される基本設定値GS₀、THS₀にそれぞれ設定され、WGV26の開度GVSは過給圧PDを最大設定圧力に維持するように制御される。

【0063】ステップ1001で現在定常飛行が行われている場合には、ステップ1007に進み、現在最適化が終了しているか否かが、最適化終了フラグXの値に基づいて判定される。最適化終了フラグXは、推進装置総合効率 η_T の最適化が終了したときにステップ1043で1にセットされ、X=1は最適化が終了していることを表している。ステップ1007で既に最適化が終了していた場合には、本操作は直ちに終了し現在の運転状態（すなわち最適化後の運転状態）が保持される。この場合には、定常飛行状態が終了しステップ1003でフラグXの値が0にセットされるまでステップ1009以下の最適化操作は行われない。

【0064】ステップ1007でまだ最適化が終了していない場合（X≠1の場合）には、続いてステップ1009で大気圧PA、大気温度TA、機関（プロペラ）回転数NE、対気速度VAIRがそれぞれ対応するセンサから読み込まれると共に、PAとTAとから大気密度 ρ が算出される。そして、ステップ1011では大気密度 ρ に基づいて、プロペラ翼の迎え角の最適値 α_0 が算出され、 α_0 と機関回転数NE、対気速度VAIRとに基づいて、最適迎え角 α_0 を得るためのプロペラピッチ β が算出される。最適ピッチ β の算出後、ステップ1015ではプロペラピッチが β になるようにガバナ31が調節される。これにより、プロペラピッチは最適値 β に調節される。

【0065】ステップ1017から1021は機関1の最適化操作を示す。ステップ1017では、再度現在の機関回転数NEが読み込まれる。ステップ1017で再度NEを読み込むのは、ステップ1015でのプロペラピッチ調節により機関運転状態がステップ1009の状態から変化しており、回転数NEも変化している可能性があるためである。そして、ステップ1019ではこの回転数NEに基づいて機関効率が最大にする吸気圧力PM₀が算出される。また、ステップ1021では吸気圧力が最適値PM₀になるようにスロットル弁開度THSが調節される。

【0066】ステップ1023から1027はターボチャージャ10の運転状態の最適化操作である。ステップ1023では、現在の過給圧PDと吸気圧力PM、吸気温度TM、機関回転数NEが読み込まれる。なお、吸気温度TMはインタクーラ8下流側の吸気ダクトに配置した吸気温度センサ（図示せず）により検出される。PMとNEとを再度読み込むのはステップ1017と同じ理由である。そして、ステップ1025では現在のターボチャージャ圧縮比PR=PD/PAと、PMとNE及びTMとから定まる吸気流量（圧縮機吐出流量）Qとに基づいて現在の圧縮比PRと流量Qとの条件で最も圧縮機

効率 η_{TC} が高いターボチャージャ回転数 NT_0 が算出される。そして、ステップ1027では、実際のターボチャージャ10回転数が上記により算出された最適ターボチャージャ回転数 NT_0 に等しくなるようにWGV26開度GVSが制御される。

【0067】ステップ1009から1027でプロペラピッチ β 、機関吸気圧PMとターボチャージャ回転数NTの個別の最適化が終了した後、図11ステップ1029からステップ1037では現在の総合効率 η_T の算出が行われる。すなわち、ステップ1029では、PA、TA、NE、NT、VAIR、PD、PM、TMの各運転状態パラメータが再度読み込まれ、ステップ1031ではステップ1015で設定したプロペラピッチ β と、大気密度 ρ 、回転数NE、対気速度VAIRとから現在のプロペラ効率 η_p が算出される。上記の運転状態パラメータがステップ1009で読み込んだ値から全く変化していない場合には現在のプロペラ効率 η_p はステップ1011で α_0 を求めた際の最高効率に一致するはずである。しかし、実際には、ステップ1015のプロペラピッチ β の調節やステップ1021におけるスロットル弁開度THSの調節及び、ステップ1027でのWGV開度GVSの調節のために上記運転状態パラメータはステップ1009で読み込んだ値からは変化しており、プロペラピッチ β での現在のプロペラ効率は必ずしも最高効率になっていない。そこで、ステップ1031では現在の状態におけるプロペラ効率 η_p を再計算するようにしているのである。

【0068】また、同様に、ステップ1033では現在のNE、PMに基づいて現在の機関効率 η_E が、ステップ1035では現在の圧縮比PRと吸気流量Q及びターボチャージャ回転数NTに基づいて現在の運転状態におけるターボチャージャの圧縮機効率 η_{TC} が算出される。ステップ1037では、上記 η_p 、 η_E 、 η_{TC} を用いて、現在の推進装置総合効率 η_T が、 $\eta_T = \eta_p \times \eta_E \times \eta_{TC}$ として算出される。

【0069】ステップ1039から1041は現在の総合効率が最大値であるか否かの判定を示す。ステップ1039では算出した現在の総合効率 η_T が前回最適化操作を実行した後の総合効率 $\eta_{T\ i-1}$ より増大しているか否かが判定される。そして、 $\eta_T > \eta_{T\ i-1}$ であった場合、すなわち、今回ステップ1009から1027の最適化操作を実行することにより前回より総合効率が上昇している場合には、総合効率は最適化操作によりまだ向上する余地がある可能性があるため、ステップ1041で現在のプロペラピッチ β 、スロットル弁開度THS、WGV開度GVS及び総合効率 η_T をそれぞれ β_{i-1} 、 THS_{i-1} 、 GVS_{i-1} 及び $\eta_{T\ i-1}$ として記憶し、今回の操作を終了する。これにより、ステップ1039で前回より総合効率 η_T が増大している場合には、次回操作が実行されると再度ステップ1009から1027の

最適化操作が繰り返されることになる。

【0070】一方、ステップ1039で $\eta_T \leq \eta_{T\ i-1}$ であった場合には、最適化操作の繰り返しにより増大してきた η_T が今回の最適化操作を実行したために減少したことを意味し、前回の効率($\eta_{T\ i-1}$)が総合効率の最大値であったことになる。そこで、この場合にはステップ1043でフラグXの値を1にセットしてこれ以上ステップ1009から1027の最適化操作が繰り返されることを防止するとともに、ステップ1045では前回操作実行時(すなわち総合効率 η_T が最大になったとき)に記憶したプロペラピッチとスロットル弁開度、WGV開度(β_{i-1} 、 THS_{i-1} 、 GVS_{i-1})を最適値 β_{OPT} 、 THS_{OPT} 、 GVS_{OPT} として記憶し、ステップ1047でプロペラピッチ β 、スロットル弁開度THS、WGV開度GVSの値を最適値 β_{OPT} 、 THS_{OPT} 、 GVS_{OPT} にそれぞれセットして操作を終了する。これにより、プロペラピッチ、スロットル弁開度、WGV開度は、それぞれ前回最大の総合効率を得た時の値にセットされ、推進装置の総合効率は最大値に固定される。

(6) 第6の実施形態

次に、第2の制御操作の別の実施形態について説明する。

【0071】本実施形態では、EEC30は着陸操作中等の出力急増要求が生じる可能性がある飛行状態ではターボチャージャ10の回転数を高く維持するように制御し、要求があった場合には短時間で機関出力(推力)を増大できる状態に機関を維持する制御を行う。例えば着陸操作中には何らかの原因で着陸を中止し機体を急上昇させる、いわゆるGO AROUND操作が要求される場合がある。また、飛行中にも気象状況等によっては、機体の急上昇等が必要となる場合がある。このような場合に、特に機体の降下中などで機関出力が低下している状態では、それに応じてターボチャージャ回転数も低下しているため、ターボチャージャの回転数上昇に時間を要してしまい、急激な出力増大要求に応じられない場合がある。そこで、本実施形態では着陸操作中、または着陸操作中以外でも操縦者が選択した場合には、WGV26開度を通常の制御より小さく設定してターボチャージャの回転低下を防止する。また、この場合ターボチャージャの回転を高く維持すると過給圧の増大により機関出力が上昇してしまい、着陸操作時等に十分な降下速度が得られない場合があるため、スロットル弁開度は第1の制御操作の設定値より小さく設定し機関吸気圧の上昇を防止するようにしている。これにより、機関出力の増大を招くことなくターボチャージャ回転数を高く維持することができ、機関出力の急増要求に備えることが可能となる。

【0072】図12は、本実施形態の第2の制御操作を示すフローチャートである。本操作はEEC30により

一定時間毎に実行されるルーチンにより行われる。図12で操作がスタートすると、ステップ1201から1209では現在着陸（降下）操作実行中であるか否かが判定される。本実施形態においても着陸（降下）操作実行中か否かの判定は第1の実施形態（図5）と同じ方法で行われ、図12のステップ1201から1209では図5のステップ501から509と同一の操作が行われる。

【0073】本実施形態では、ステップ1207または1209で現在降下操作実行中でないと判定された場合には、次にステップ1211に進み、操縦者が加速準備モードを選択しているか否かが判定される点が第1の実施形態と相違する。本実施形態では、機体の操縦席には加速準備モード選択スイッチが設けられており、降下操作中以外であっても操縦者の選択によりEEC30に出力急増要求に備えるモード（加速準備モード）をとらせることが可能となっている。ステップ1211で加速準備モードが選択されていない場合には、ステップ1213でWGV26は通常の開度制御が行われる。通常の開度制御においては、WGV26開度GVSは、過給圧PDを所定値（例えば最大設定圧力 PD_{MAX} ）に維持するように制御し、過給圧PDが PD_{MAX} より低い時にはWGV26は全閉となる。

【0074】また、加速準備モードが選択されていない場合には、ステップ1215でスロットル弁11開度は第1の制御操作で設定された基本設定値 THS_0 に制御される。一方、ステップ1207、1209で現在降下操作を実行中と判断された場合、及びそれ以外であってもステップ1211で加速準備モードが選択された場合には、ステップ1217でWGV26開度GVSは通常制御時の開度より小さい予め設定された開度 GVS_0 に設定される。これにより、ターボチャージャ回転数は通常制御時より高く維持される。また、ステップ1219では、過給圧の上昇により機関出力が増大することを防止するために、スロットル弁11開度 THS は第1の制御操作により設定された基本設定値 THS_0 より一定量 ΔTHS_0 だけ小さな開度に設定される。これにより、出力の急増要求が予測される運転状態では、機関出力の増大を生じることなくターボチャージャ回転数が高く維

持されるため、出力急増要求が生じた場合には直ちに過給圧を上昇させることができ、短時間で機関出力を上昇させることが可能となる。

【0075】

【発明の効果】各請求項に記載の発明によれば、操縦者の負担を増大させることなく航空機の飛行状態に応じた適切な運転状態に機関を制御することが可能となるという共通の降下を奏する。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の推力制御装置の一実施形態の概略構成を説明する図である。

【図2】図1の制御ユニットの構成例を示す図である。

【図3】第1の制御操作を説明するフローチャートである。

【図4】図3の制御操作に用いるチャートである。

【図5】本発明の第1の実施形態を説明するフローチャートである。

【図6】本発明の第2の実施形態を説明するフローチャートである。

【図7】本発明の第3の実施形態を説明するフローチャートである。

【図8】本発明の第4の実施形態における制御ユニットの構成例を示す図である。

【図9】本発明の第4の実施形態を説明するフローチャートである。

【図10】本発明の第5の実施形態を説明するフローチャートの一部である。

【図11】本発明の第5の実施形態を説明するフローチャートの一部である。

【図12】本発明の第6の実施形態を説明するフローチャートである。

【符号の説明】

1…内燃機関本体

2…プロペラ

10…ターボチャージャ

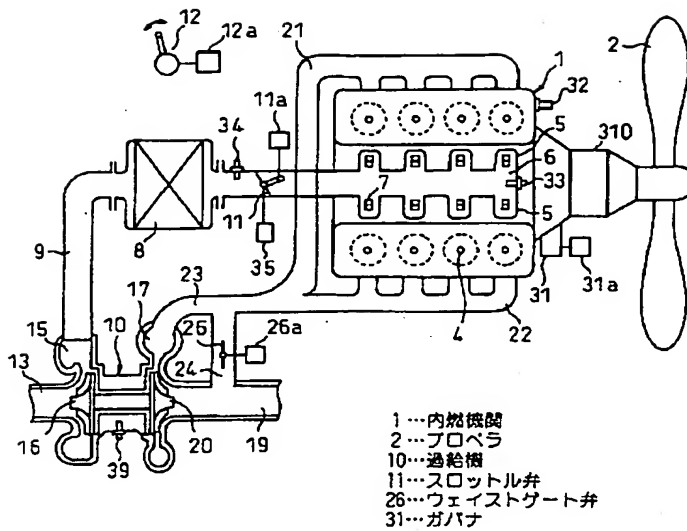
11…スロットル弁

26…ウェイストゲート弁

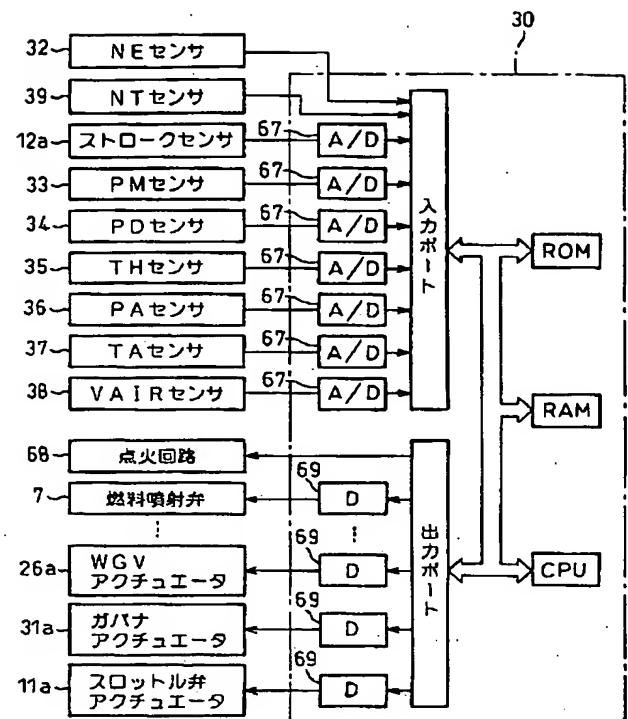
30…制御ユニット

31…ガバナ

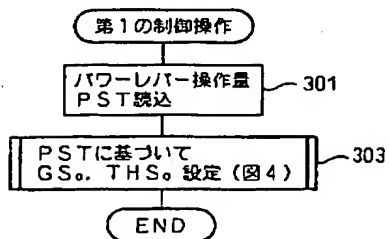
【図1】



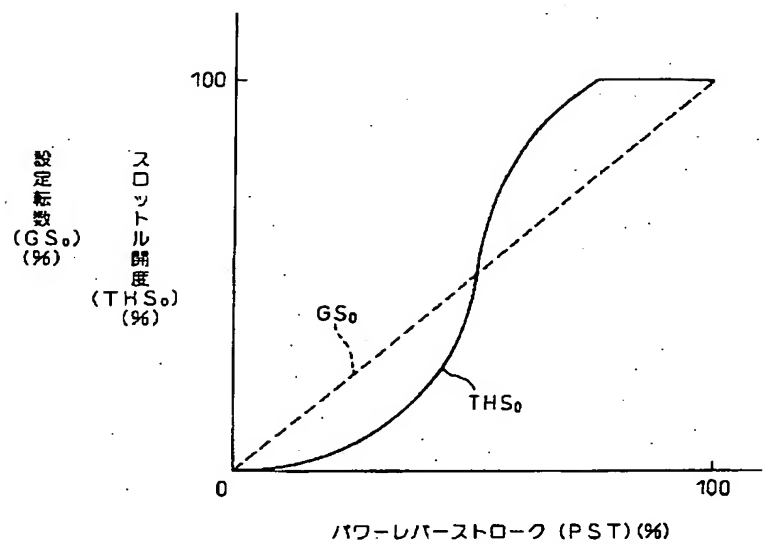
【図2】



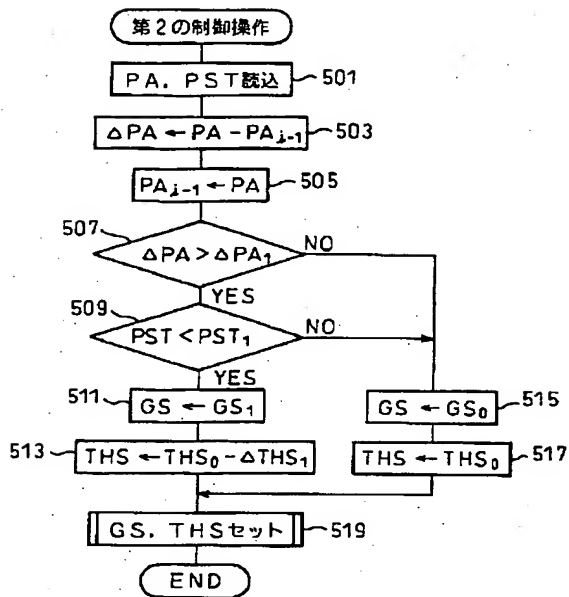
【図3】



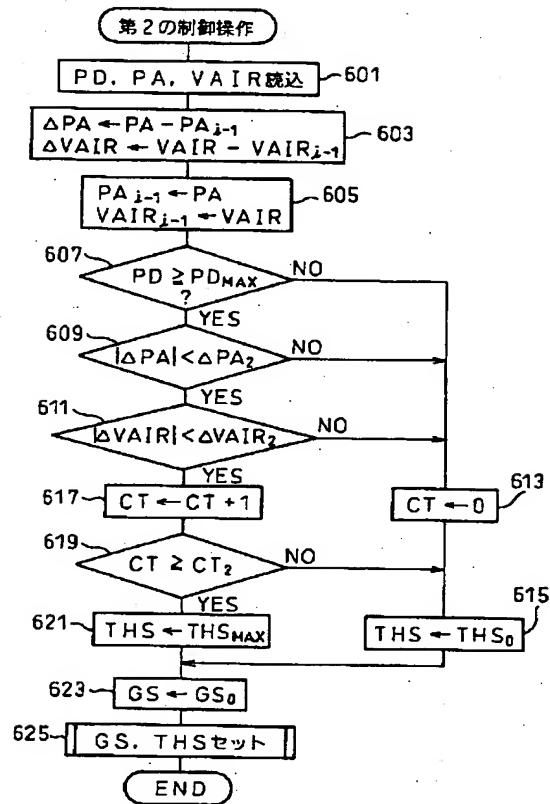
【図4】



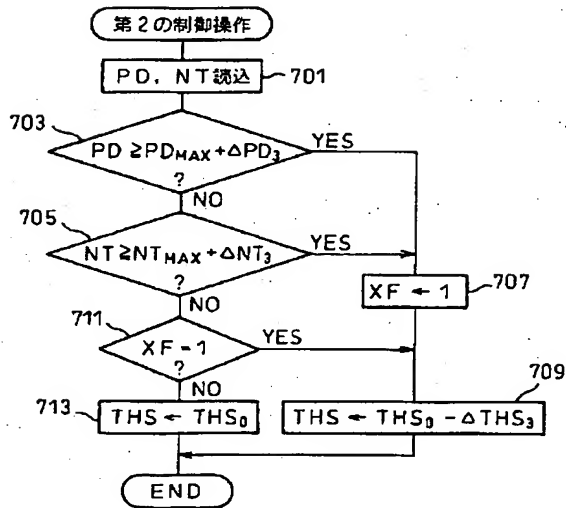
【図5】



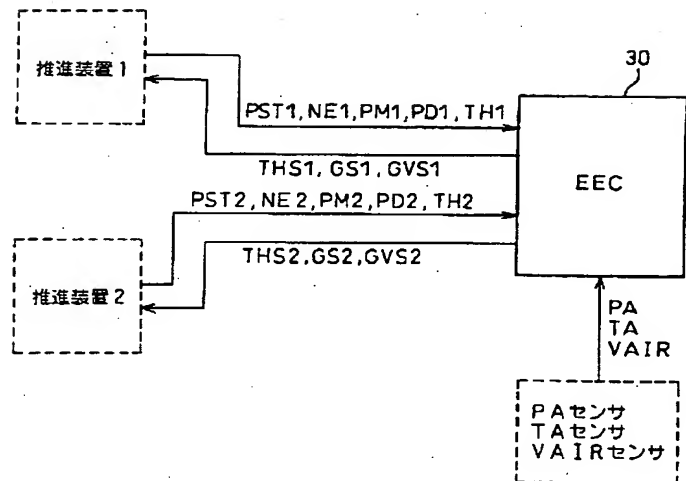
【図6】



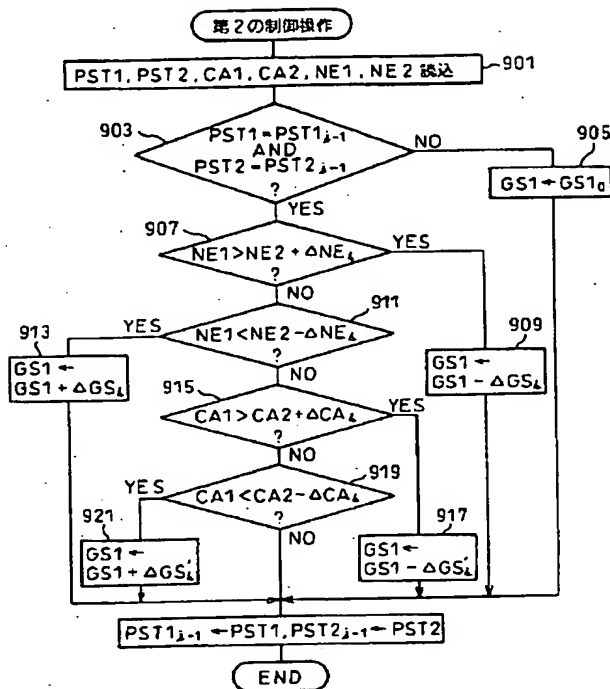
【図7】



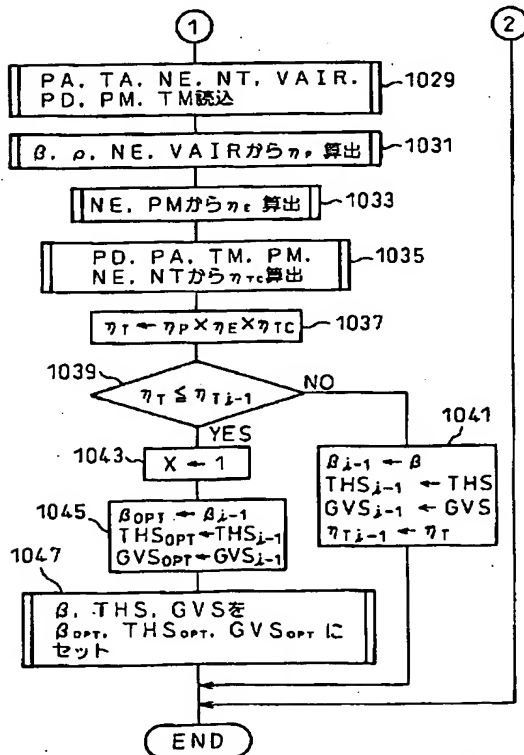
【図8】



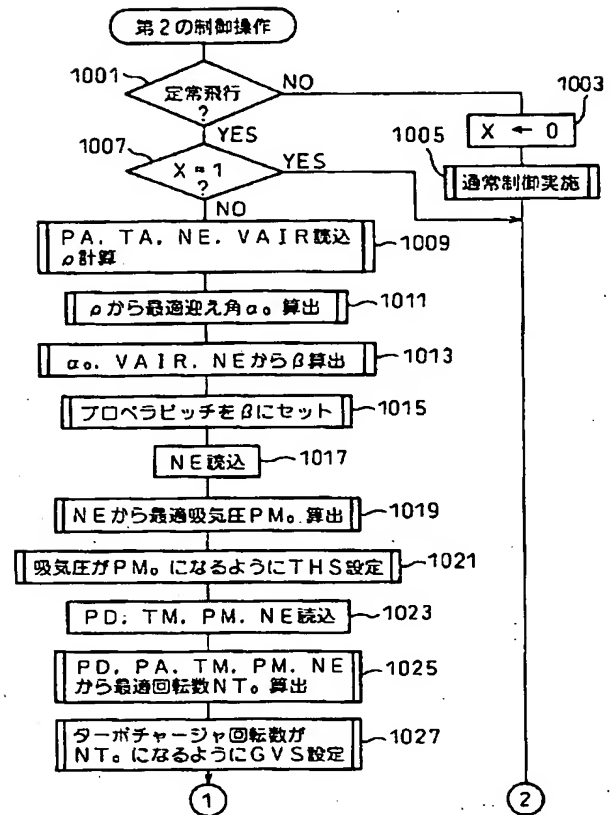
【図9】



【図11】



【図10】



【図12】

